

ANALISIS KETELITIAN TITIK KONTROL HORIZONTAL PADA PENGUKURAN DEFORMASI JEMBATAN PENGGARON MENGGUNAKAN SOFTWARE GAMIT 10.5

Ayu Nur Safi'i , Bambang Sudarsono, M. Awaluddin ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik - Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto Sh, Tembalang Semarang, Telp. (024) 76480785, 76480788
e-mail : geodesi@undip.ac.id

Abstrak

Jembatan merupakan salah satu prasarana untuk menunjang kelancaran transportasi di darat. Kebanyakan jembatan mengalami kerusakan infrastruktur yang disebabkan oleh keadaan alam, proses kimiawi dalam komponen jembatan, bencana alam, kerusakan pemakaian yang berlebihan maupun menua. Dengan perkembangan teknologi pemetaan dan teknologi komputer/informatika yaitu adanya kemunculan alat ukur GPS memungkinkan dibuat sistem monitoring/ pengamatan secara berkala supaya didapatkan data yang akurat mengenai pergerakan struktur maupun deformasi yang terjadi pada suatu jembatan. Selama ini untuk mengetahui informasi mengenai struktur dan perubahan dimensi jembatan belum banyak dilakukan karena memerlukan biaya yang tidak sedikit.

Dalam penelitian ini, metode pengukuran deformasi yang digunakan adalah metode pengukuran dengan alat ukur GPS. Karakteristik deformasi yang dikaji meliputi posisi dan besar pergeseran. *Software* yang digunakan untuk pengolahan data GPS adalah *Scientific Software GAMIT*.

Ketelitian dari pengukuran dengan hasil simpangan baku pada absis X berkisar antara 0,96 mm sampai 1,37 mm, sedangkan untuk simpangan baku pada ordinat Y berkisar dari 1,05 mm sampai dengan 1,53 mm. Besar Pergeseran untuk *easting* dan *northing* sebesar ± 2 mm ke arah kuadran II pada bulan Februari- April 2014, sedangkan untuk bulan Februari-Mei 2014 terjadi pergeseran sebesar $\pm 2-3$ mm ke arah kuadran II .

Kata Kunci : Jembatan, Deformasi, GPS, GAMIT

Abstract

Bridge is one of the infrastructures to support transportation continuity on land. Most bridges have an infrastructure damage caused by natural circumstances, chemical processes in the bridge components, natural disaster, and damage of excessive wear or aging. With the development of mapping technology and computer technology / informatics, namely the emergence of GPS measuring devices which allows system monitoring / observation at regular intervals in order to obtain accurate data on the movement and deformation structures that occur on a bridge. Until now, the attempt to find out information about the structure and dimensions change of the bridge has not commonly done yet since it requires a lot of cost.

In this study, deformation measurement method used is the method of measurement with GPS measuring devices. Deformation characteristics examined include the shifts value and positions. Software used for processing GPS data is Scientific Software GAMIT.

The standard deviation results that showed the accuracy of the measurements on the X abscissa ranged from 0.96 mm to 1.37 mm, whereas for the Y ordinate ranges of 1.05 mm to 1.53 mm. The shift value to easting and northing is ± 2 mm toward quadrant II in February -April 2014, while in February - May 2014 occurred a shift of $\pm 2-3$ mm toward quadrant II.

Keyword: Bridge, Deformation, GPS, GAMIT

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

1. Pendahuluan

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang memungkinkan rute transportasi melintasi sungai, danau, jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain. Jembatan merupakan salah satu prasarana untuk menunjang kelancaran transportasi di darat. Seiring berjalannya waktu, jembatan mengalami deformasi karena terjadi perubahan (pergerakan) akibat dari kondisi alam, beban jembatan, struktur konstruksi jembatan dan lain sebagainya.

Menurut Kuang (1996), deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda. Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Perubahan kedudukan dari suatu jembatan dapat mengganggu keamanan dan kenyamanan bagi pengguna yang melintasi jembatan, sehingga perlu diadakan perawatan dan pemeliharaan jembatan. Perawatan dan pemeliharaan jembatan, perlu didukung oleh data kondisi jembatan.

Dengan melakukan pengamatan menggunakan alat ukur GPS yaitu *GPS Dual Frequency*, diharapkan karakteristik deformasi yang dikaji meliputi posisi dan besar pergeseran dapat diketahui. Pendekatan posisi dan besar pergeseran diharapkan dapat mengidentifikasi perubahan posisi jembatan yang akan dikaji selama kurun waktu tertentu. Untuk pengolahan data dari GPS sendiri, akan digunakan *Scientific Software GAMIT (GPS Analysis of Massachusetts Institute of Technology)*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka diangkat rumusan masalah sebagai berikut:

- 1). Berapa besar ketelitian pengolahan data GPS yang menggunakan *Scientific Software GAMIT* pada pengamatan deformasi jembatan tersebut?

- 2). Berapa besar deformasi atau pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi pada jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang-Ungaran?

Ruang Lingkup pada penelitian ini antara lain :

- 1). Daerah penelitian adalah jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang-Ungaran Km 20.

- 2). Pengumpulan data titik kontrol horizontal deformasi jembatan Penggaron dengan melakukan pengukuran *GPS Dual Frequency* secara statik

- 3). Pengolahan data pengamatan GPS menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.05* sehingga dihasilkan koordinat titik pengamatan dan simpangan bakunya.

- 4). Penelitian berfokus pada pergeseran titik kontrol horizontal yang digunakan sebagai titik ikat pada pengukuran deformasi jembatan Penggaron.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui deformasi atau pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi pada jembatan Penggaron, di Jalan Tol Semarang-Ungaran Km 20 yang pengukurannya menggunakan alat *GPS Dual Frequency*.

2. Tinjauan Pustaka

a. Penelitian sebelumnya

Penelitian ini merujuk ke beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai deformasi jembatan dan beberapa aplikasi penggunaan GPS (*Global Positioning System*) serta

pengolahannya menggunakan *Scientific Software GAMIT (GPS Analysis Software of Massachusetts Institute of Technology and Scripps Institution of Oceanography)*.

Pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Utomo, dkk pada tahun 2013 mengenai bagaimana menentukan deformasi jembatan dengan memanfaatkan teknologi kamera *digital non metric* yang menggunakan metode fotogrametri rentang dekat atau *Close Range Photogrammetry* (CRP). Dari penelitian di atas, peneliti mengambil referensi mengenai deformasi jembatan.

Kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh Bahlefi, dkk yang dilakukan pada tahun 2013 mengenai pengamatan deformasi gunung api yang menggunakan metode pengukuran GPS. Karakteristik deformasi yang dikaji meliputi posisi, arah dan besar pergeseran dengan menggunakan Model Mogi. *Software* yang digunakan adalah *Scientific Software GAMIT*. Dari penelitian di atas, peneliti mengambil referensi mengenai deformasi gunung api, penggunaan GPS serta *Scientific Software GAMIT*.

Ketiga adalah penelitian yang dilakukan oleh Pratama, dkk tahun 2013 mengenai pengamatan lendutan vertikal jembatan Kali Babon dengan metode *Terrestrial Laser Scanner* yang mana dengan menggunakan metode tersebut didapatkan lendutan jembatan yang masih memenuhi standar kelayakan dan masih aman untuk digunakan. Dari penelitian di atas, peneliti mengambil referensi mengenai deformasi jembatan.

Keempat adalah penelitian yang dilakukan oleh Rahadi, dkk tahun 2013 yang membahas mengenai ketelitian pengukuran *baseline* panjang GNSS (*Global Navigation Satellite Sistem*) dengan menggunakan dua *software* pengolahan yang berbeda yaitu *software GAMIT 10.4* dan *Topcon Tools V.7*. Dari penelitian di atas, peneliti mengambil referensi mengenai penggunaan *software GAMIT* untuk pengolahan data GPS yang didapatkan.

Terakhir adalah penelitian yang dilakukan oleh Purba, dkk yang dilakukan juga pada tahun 2013. Penelitian ini berfokus pada penentuan koordinat definitif *epoch* 2013 pada stasiun CORS Geodesi UNDIP yang juga pengolahan datanya menggunakan *software GAMIT 10.4*, sehingga penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk menyusun penelitian kali ini.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini menganalisa ketelitian titik kontrol horizontal pada pengukuran deformasi jembatan Penggaron yang pengolahan datanya menggunakan *software* terbaru dari *GAMIT* yaitu *software GAMIT 10.05*.

b. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

c. GPS

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi yang paling populer dan paling banyak diaplikasikan di dunia pada saat ini, baik di darat, laut, udara, maupun angkasa. Disamping aplikasi-aplikasi militer, bidang-bidang aplikasi GPS yang cukup marak saat ini antara lain meliputi survei pemetaan, geodinamika, geodesi, geologi, geofisik, transportasi dan navigasi, pemantauan deformasi, pertanian, kehutanan, dan bahkan juga bidang olahraga dan rekreasi. Di Indonesia sendiri penggunaan GPS sudah dimulai sejak beberapa tahun yang lalu dan terus berkembang sampai saat ini baik dalam volume maupun jenis aplikasinya. (Abidin, 2006)

d. GAMIT/ GLOBK

GAMIT (*GPS Software Analysis Package Developed at MIT*) adalah sebuah paket perangkat lunak ilmiah yang digunakan untuk pengolahan data pengamatan GPS yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*). Perangkat lunak ini dapat menghasilkan posisi relative tiga dimensi dari pengamat dengan ketelitian tinggi.

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan data survey terestris ataupun data survey ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit dan koordinat hasil pengamatan lapangan. (*Introduction GAMIT 10.04*, 2011).

3. Bahan dan Metode Penelitian

a. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1). Laptop yang memiliki spesifikasi yaitu Processor Intel Core i3 CPU @ 1.80 Ghz, RAM 2.00 GB dan Sistem Operasi 64-bit.
- 2). Printer HP J100
- 3). Sistem Operasi Ubuntu 12.4
- 4). Perangkat Lunak GAMIT/GLOBK versi 10.5
- 5). Microsoft Office 2007
- 6). TEQC(*Translation, Editing and Quality Check*)
- 7). Alat tulis
- 8). GPS *Dual Frequency* Topcon Hiper GB
- 9). GPS *Dual Frequency* Ashtech Pro Mark 800 dan Pro Mark 500
- 10). Tripod
- 11). Meteran

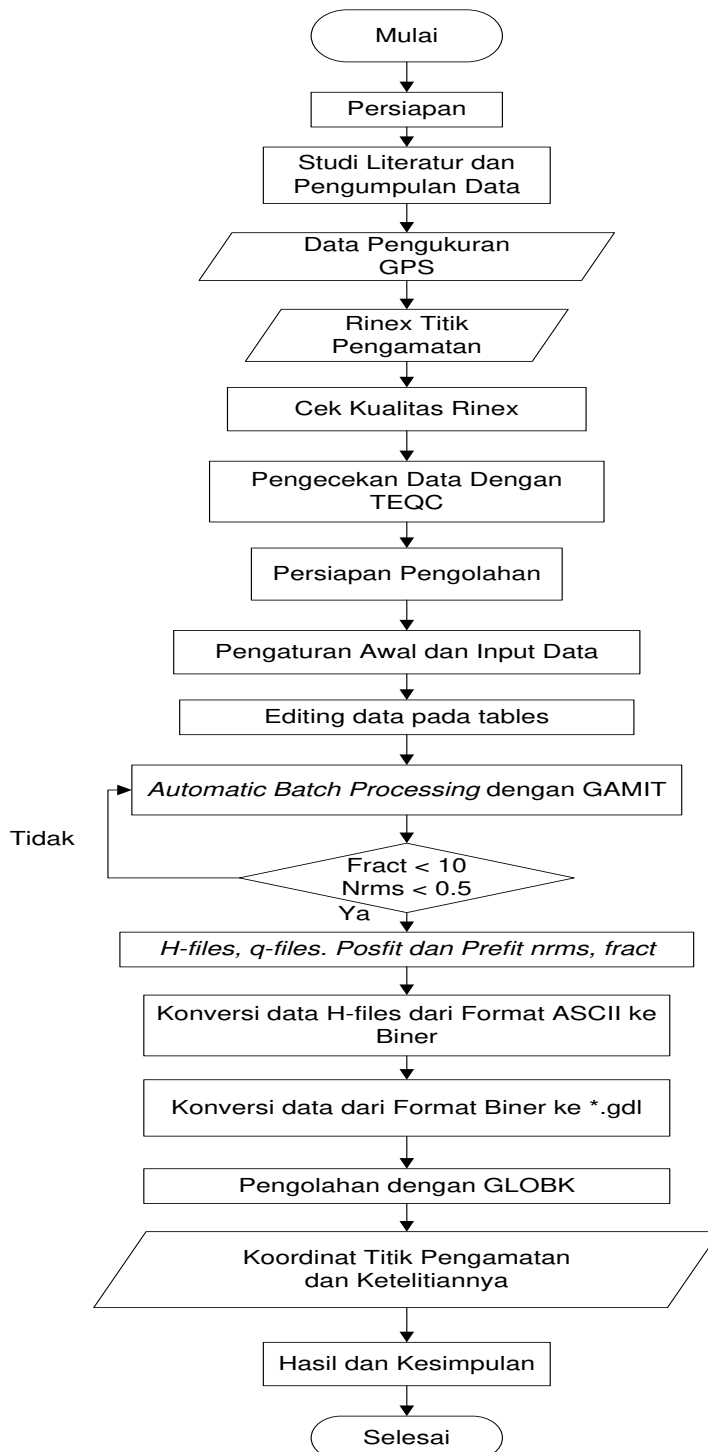
b. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yaitu data pengamatan yang telah dilakukan di empat titik di lokasi penelitian. Bahan pendukung yang digunakan adalah *broadcast ephemeris*, *precise ephemeris* dan *tables* dari hasil pengamatan GPS yang telah dilakukan. Pengamatan dilakukan pada bulan Februari, April dan Mei 2014.

Metode pengolahan data dari pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain sebagai berikut.

a. Pengadaan data dengan melakukan pengukuran menggunakan alat GPS *Dual Frequency* yang dilakukan selama beberapa waktu.

- b. Melakukan pengolahan data menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.05* sehingga dihasilkan koordinat definitif titik kontrol horizontal pada pengamatan deformasi jembatan Penggaron
- c. Analisis ketelitian dari titik kontrol horizontal hasil pengolahan data GPS yang menggunakan *Scientific Software GAMIT*

Secara umum metodologi penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

a. Pengolahan dengan GAMIT

Hasil pengolahan dengan GAMIT yang dipakai untuk analisis antara lain *file h-files*, *q-files* dan *sh_gamit summary* yang memuat nilai *posfit nrms*, *prefit nrms* dan *fract*. Nilai-nilai ini digunakan untuk cek kualitas hasil hitungan. Dari pengolahan yang dilakukan didapatkan *summary files* dari masing-masing *Doy* yang berisi *file-file* tersebut. Hasilnya dapat dilihat bahwa nilai *posfit* dan *prefit nrms* tidak boleh melebihi 0,5 untuk semua *Doy*. Dan nilai *fract*-nya kurang dari 10. Hal ini menunjukkan hasil pengolahan data dengan GAMIT diterima dan dapat dilakukan proses perhitungan dengan GLOBK.

b. Pengolahan dengan GLOBK

Setelah melakukan perhitungan dengan GAMIT, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dengan GLOBK. Pengolahan ini akan menghasilkan file berekstensi *.org yang berisi kualitas hitungan yang ditunjukkan *wrms* dan *nrms*, koordinat masing-masing titik pengamatan yang dicari beserta simpangan bakunya. File ekstensi *.org ini ada dua yakni **glred.org** dan **globk.org** yang dihasilkan dari proses pengolahan dengan glred dan globk. Koordinat kartesian 3D dan simpangan baku dapat dilihat pada **Tabel 1.** untuk bulan Februari 2014, **Tabel 2** untuk bulan April 2014 dan **Tabel 3** untuk bulan Mei 2014.

Tabel 1. Koordinat Kartesian 3D dan simpangan baku bulan Februari 2014

No.	Titik	Koordinat Kartesian (m)			Simpangan Baku (mm)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1.	CP 02	-2.208.427,4911	5.931.937,8526	-784.814,6192	1,14	1,00	0,13
2.	BM 01	-2.208.344,1392	5.931.974,0298	-784.786,0298	1,05	1,21	0,59
3.	BM 02	-2.208.442,7194	5.931.804,5421	-785.681,0960	1,15	1,00	0,78
4.	CP 01	-2.208.501,4717	5.931.785,7882	-785.682,2490	1,13	1,26	0,83

Tabel 2. Koordinat Kartesian 3D dan simpangan baku bulan April 2014

No.	Titik	Koordinat Kartesian (m)			Simpangan Baku (mm)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1.	CP 02	-2.208.427,4930	5.931.937,8507	-784.814,6213	1,06	1,08	0,10
2.	BM 01	-2.208.344,1407	5.931.974,0269	-784.786,0316	0,96	1,21	0,67
3.	BM 02	-2.208.442,7211	5.931.804,5400	-785.681,0980	1,03	1,05	0,68
4.	CP 01	-2.208.501,4735	5.931.785,7864	-785.682,2511	1,09	1,14	0,74

Tabel 3. Koordinat Kartesian 3D dan simpangan baku bulan Mei 2014

No	Titik	Koordinat Kartesian (m)			Simpangan Baku (mm)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1.	CP 02	-2.208.427,4935	5.931.937,8506	-784.814,6219	1,35	1,48	0,59
2.	BM 01	-2.208.344,14091	5.931.974,0254	-784.786,0319	1,31	1,52	0,89
3.	BM 02	-2.208.442,7216	5.931.804,5399	-785.681,0985	1,28	1,41	0,61
4.	CP 01	-2.208.501,4735	5.931.785,7844	-785.682,2514	1,37	1,53	0,75

Koordinat kartesian dari GLOBK jika ditransformasikan dalam sistem koordinat UTM hasilnya disajikan pada **Tabel 4, Tabel 5** dan **Tabel 6**

Tabel 4. Koordinat UTM bulan Februari 2014

No.	Titik	Koordinat UTM (m)		
		X	Y	Z
1.	CP 02	435.955,27706	9.213.482,80991	352,12450
2.	BM 01	435.864,54128	9.213.511,65102	353,36929
3.	BM 02	436.017,13268	9.212.608,61851	340,81112
4.	CP 01	436.078,71231	9.212.607,91455	343,85573

Tabel 5. Koordinat UTM bulan April 2014

No.	Titik	Koordinat UTM (m)		
		X	Y	Z
1.	CP 02	435.955,27914	9.213.482,80780	352,12460
2.	BM 01	435.864,54369	9.213.511,64902	353,36734
3.	BM 02	436.017,13501	9.212.608,61635	340,81000
4.	CP 01	436.078,71465	9.212.607,91230	343,85490

Tabel 6. Koordinat UTM bulan Mei 2014

No.	Titik	Koordinat UTM (m)		
		X	Y	Z
1.	CP 02	435.955,28003	9.213.482,80713	352,12384
2.	BM 01	435.864,54441	9.213.511,64842	353,36607
3.	BM 02	436.017,13551	9.212.608,61585	340,81014
4.	CP 01	436.078,71535	9.212.607,91172	343,85314

Selisih dari koordinat UTM jika dilihat dari titik bulan Februari terhadap bulan April dan Mei maka dapat disajikan pada **Tabel 7 dan Tabel 8.**

Tabel 7. Selisih Koordinat UTM bulan Februari- April 2014

No.	Titik	Selisih Koordinat UTM (m)	
		X	Y
1.	CP 02	-0,002080	0,002111
2.	BM 01	-0,002406	0,002004
3.	BM 02	-0,002328	0,002161
4.	CP 01	-0,002334	0,002247

Tabel 8. Selisih Koordinat UTM bulan Februari- Mei 2014

No.	Titik	Selisih Koordinat UTM (m)	
		X	Y
1.	CP 02	-0,002977	0,002777
2.	BM 01	-0,003127	0,002604
3.	BM 02	-0,002832	0,002666
4.	CP 01	-0,003035	0,002829

Pergeseran dari koordinat di atas dapat diketahui dengan menggunakan transformasi koordinat dari koordinat geodetik menjadi koordinat toposentrik.

Rumus yang digunakan adalah :

$$\begin{pmatrix} n_A \\ e_A \\ u_A \end{pmatrix} = R(\varphi_o, \lambda_o) \begin{pmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{pmatrix} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$R(\varphi_o, \lambda_o) = \begin{pmatrix} -\sin \varphi_o \cos \lambda_o & -\sin \varphi_o \sin \lambda_o & \cos \varphi_o \\ -\sin \lambda_o & \cos \lambda_o & 0 \\ \cos \varphi_o \cos \lambda_o & \cos \varphi_o \sin \lambda_o & -\sin \varphi_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A - X_o \\ Y_A - Y_o \\ Z_A - Z_o \end{pmatrix} \dots\dots (1.2)$$

dengan,

(n_A, e_A, u_A) = koordinat toposentrik titik A

(λ_o, φ_o) = koordinat geodetik titik O (origin sistem koordinat toposentrik)

(X_A, Y_A, Z_A) = koordinat geosentrik titik A

(X_o, Y_o, Z_o) = koordinat geosentrik titik O (origin sistem koordinat toposentrik).

Perbedaan dari sistem koordinat geodetik dengan sistem koordinat toposentrik adalah origin atau lokasi titik nol. Sistem koordinat geodetik lokasi titik nolnya adalah di pusat massa bumi atau sering disebut geosentrik, sedangkan sistem koordinat toposentrik, lokasi titik nolnya terletak pada salah satu titik di permukaan Bumi (Abidin, 2006). Pada penelitian kali ini lokasi titik nol yang dijadikan sebagai acuan pada penentuan koordinat toposentrik adalah koordinat X, Y dan Z pada pengukuran bulan Februari 2014. Hasil konversi koordinat dari geosentrik ke toposentrik dapat dilihat pada **Tabel 9** dan **Tabel 10** berikut ini.

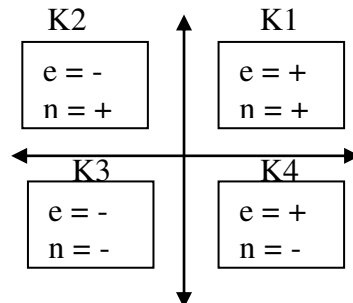
Tabel 9. Koordinat Toposentrik bulan Februari- April 2014

No.	Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
		X	Y	Z
1.	CP 02	-0,002230	0,002427	0,001046
2.	BM 01	-0,002008	0,002405	0,001300
3.	BM 02	-0,002162	0,002326	0,001067
4.	CP 01	-0,002251	0,002332	0,001000

Tabel 10. Koordinat Toposentrik bulan Februari- Mei 2014

No.	Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
		X	Y	Z
1.	CP 02	-0,002781	0,002975	0,001199
2.	BM 01	-0,002609	0,003125	0,001837
3.	BM 02	-0,002670	0,002829	0,001210
4.	CP 01	-0,002834	0,003032	0,001637

Dalam penelitian ini, arah pergeseran horizontal terfokus pada jarak dari nilai pergeseran yang diolah. Nilai pergeseran tersebut dapat bernilai minus (-) atau plus (+) yang dapat mempengaruhi dari arah pergeseran. Berikut adalah **Gambar 2** mengenai penentuan arah dan kecepatan pergeseran dibagi dalam 4 kuadran (K).



Gambar 2. Arah pergeseran dalam kuadran.

c. Analisis Pergeseran

Vektor pergeseran yang telah dihitung selama beberapa waktu pengamatan perlu dilakukan uji statistik agar secara kualitatif mengindikasikan baik atau tidaknya hasil pengolahan. Uji distribusi T pada dasarnya menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel bebas secara individual dalam menerangkan variasi variabel terikat. Tujuan dari uji T adalah untuk menguji koefisien regresi secara individual. Uji statistik ini dilakukan dengan cara menguji variabel pergeseran titik (P_{ij}) dari sesi pengamatan i ke sesi j yang nilainya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_{ij} = (\text{dn}_{ij}^2 + \text{de}_{ij}^2)^{0.5} \dots\dots\dots (1-3)$$

Adapun standar deviasi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Std } P_{ij} = (\text{sd dn}_{ij}^2 + \text{sd de}_{ij}^2)^{0.5} \dots\dots\dots (1-4)$$

Hipotesis nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah titik pengamatan tidak bergeser dalam selang i dan j sehingga :

$$\text{Hipotesis nol} \quad H_0 : P_{ij} = 0$$

$$\text{Hipotesis Alternatif} \quad H_a : P_{ij} \neq 0$$

Statistik yang digunakan dalam menguji pergeseran titik-titik pengamatan adalah :

$$T = P_{ij} / \text{Std } P_{ij} \dots\dots\dots (1-5)$$

Pergeseran dinyatakan signifikan atau hipotesis nol ditolak jika (Wolf and Ghilani, 1997) :

$$T > t_{df, \alpha/2} \dots\dots\dots (1-6)$$

Tabel t-distribution dengan selang kepercayaan 95 % sehingga nilai $T > t_{df, \alpha/2}$ dengan $n = \text{tak hingga } (\infty)$ adalah **1,960**. Selang kepercayaan 95 % dapat diartikan bahwa data dipercaya 95% dalam selang yang dihitung dan mengandung parameter yang sesungguhnya dari populasi. Tabel berikut menunjukkan terjadi pergeseran di semua stasiun pengamatan.

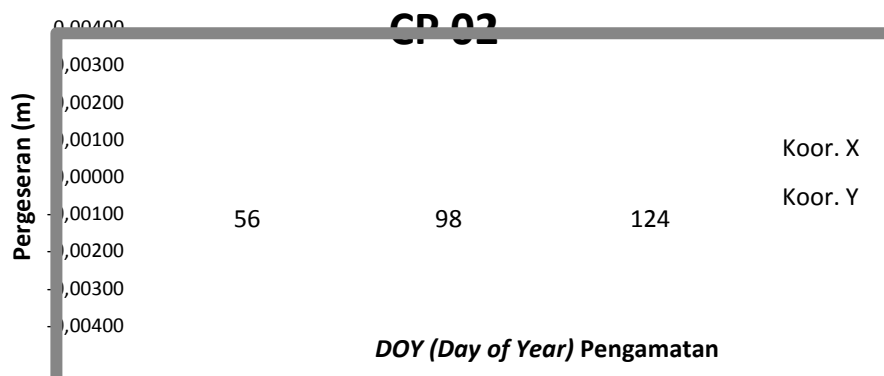
Tabel 11. Hasil Uji Statistik Pergeseran Horizontal bulan Februari- April 2014

Titik	ΔX (m)	ΔY (m)	Std X	Std Y	Pij	T	pergeseran
CP 02	-0,002230	0,002427	0,00110	0,00104	0,00330	2,17717	Ya
BM 01	-0,002008	0,002405	0,00101	0,00121	0,00313	1,99153	Ya
BM 02	-0,002162	0,002326	0,00109	0,00103	0,00318	2,12212	Ya
CP 01	-0,002251	0,002332	0,00111	0,00120	0,00324	1,98281	Ya

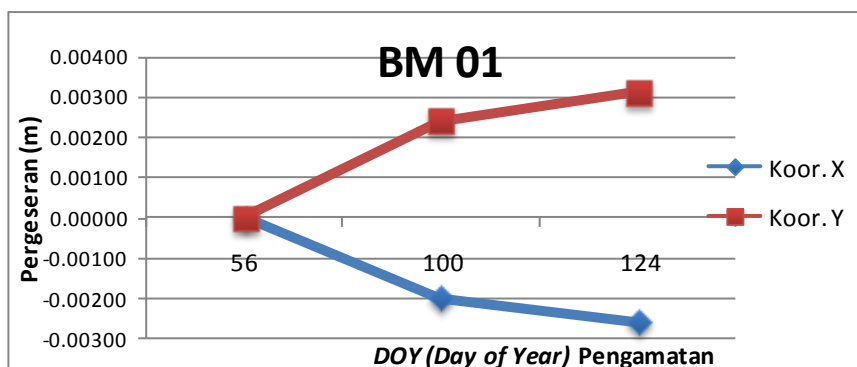
Tabel 12. Hasil Uji Statistik Pergeseran Horizontal bulan Februari- Mei 2014

Titik	ΔX (m)	ΔY (m)	Std X	Std Y	Pij	T	pergeseran
CP 02	-0,002781	0,002975	0,00135	0,00148	0,00407	2,03290	Ya
BM 01	-0,002609	0,003125	0,00131	0,00152	0,00407	2,02876	Ya
BM 02	-0,002670	0,002829	0,00128	0,00141	0,00389	2,04301	Ya
CP 01	-0,002834	0,003032	0,00137	0,00153	0,00415	2,02086	Ya

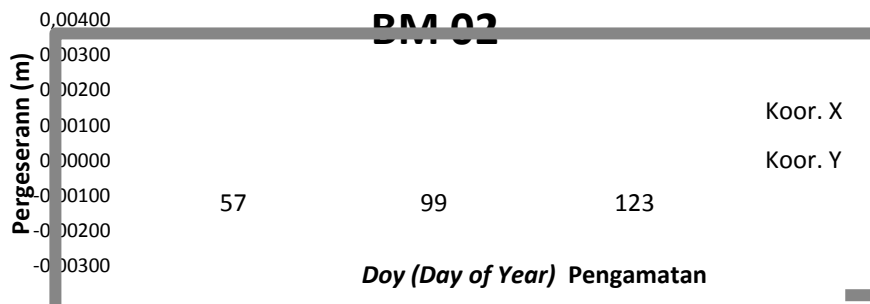
Grafik dari pergeseran bulan Februari, April dan Mei 2014 sesuai dengan masing-masing *DOY* (*Day of Year*) pengamatan, dapat dilihat pada **Gambar 3**, **Gambar 4**, **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



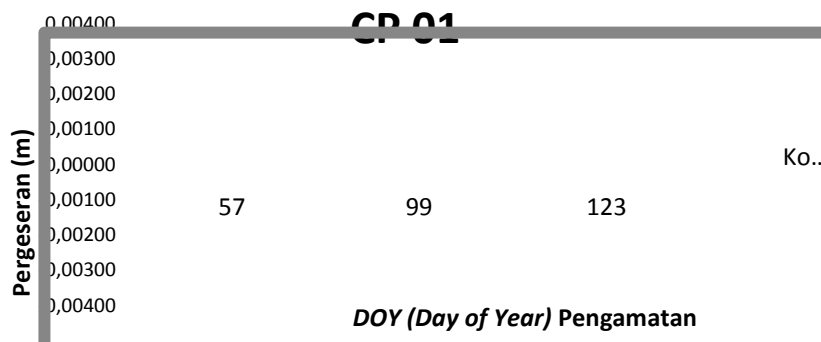
Gambar 3. Grafik Pengamatan Titik CP 02



Gambar 4. Grafik Pengamatan Titik BM 01



Gambar 5. Grafik Pengamatan Titik BM 02



Gambar 6. Grafik Pengamatan Titik CP 01

Dari informasi yang disajikan, dapat diketahui adanya pergeseran *easting dan northing* sebesar ± 2 mm ke arah kuadran II pada bulan Februari- April 2014, sedangkan untuk bulan Februari-Mei 2014 terjadi pergeseran sebesar ± 2 -3 mm ke arah kuadran II .

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian tugas akhir yang telah dikemukakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Pada pengamatan dari titik kontrol horizontal yang dilakukan, dapat diketahui ketelitian dari pengukuran dengan hasil simpangan baku pada absis X berkisar antara 0,96 mm sampai 1,37 mm, sedangkan untuk simpangan baku pada ordinat Y berkisar dari 1,05 mm sampai dengan 1,53 mm.
- 2). Pergeseran yang terjadi pada titik kontrol horizontal pada bulan Februari- April 2014 adalah sebagai berikut :
 - a. Titik CP 02 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002230 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,002427 meter.
 - b. Titik BM 01 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002008 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,002405 meter.
 - c. Titik BM 02 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002162 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,002326 meter.
 - d. Titik CP 01 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002251 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,002332 meter.

- 3). Pergeseran yang terjadi pada titik kontrol horizontal pada bulan Februari- Mei 2014 adalah sebagai berikut :
 - a. Titik CP 02 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002781 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,002975 meter.
 - b. Titik BM 01 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002609 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,003125 meter.
 - c. Titik BM 02 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002670 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,002829 meter.
 - d. Titik CP 01 untuk arah X mengalami pergeseran sebesar -0,002834 meter sedangkan untuk arah Y mengalami pergeseran sebesar 0,003032 meter.
- 4). Pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi pada bulan Februari- April 2014 dan bulan Februari- Mei 2014 mengarah ke kuadran II. Hal ini dapat dilihat dari pergeseran koordinat X yang bernilai negatif (-) sedangkan pergeseran koordinat Y bernilai positif (+).

DAFTAR PUSTAKA

- _____. <http://gedbinlink.wordpress.com/2008/12/17/deformasi/>
- _____. <http://azwaruddin.blogspot.com/2008/02/pengertian-jembatan.html>
- _____. http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page_id=498
- _____. <http://id.wikipedia.or/wiki/Jembatan>
- Abidin, H.Z. 2006. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Pradnya Paramita: Jakarta
- Abidin, H.Z., 2007, *Modul-1 : Introduction to GPS*. Bahan Ajar Kuliah. Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Bahlefi, A.R. 2013. Analisis Deformasi Gunung Merapi Tahun 2012 dari Data Pengamatan GPS. Skripsi Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kuang, Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design : Concepts and Applications*. Michigan : Ann Arbor Press. Inc
- Panuntun, H. 2012. Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global. Thessis. Program Studi S-2 Teknik Geomatika Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Pratama, R.A, Kahar, S., Suprayogi, A. 2013. Pengamatan Lendutan Vertikal Jembatan Kali Babon dengan Metode *Terrestrial Laser Scanner*. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro. Jurnal Geodesi Undip. Volume 2, Nomor 4, Tahun 2013, (ISSN : 2337-845X). ejournal-s1.undip.ac.id
- Purba, E.S., Yuwono, B.D., Sabri, L.M. 2013. Penentuan Koordinat Definitif Epoch 2013 Stasiun CORS Geodesi UNDIP dengan Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.4. Jurnal Geodesi Undip. Volume 2, Nomor 4, Tahun 2013, (ISSN : 2337-845X). ejournal-s1.undip.ac.id
- Rahadi, M.E., Awaluddin, M., Sabri, L.M. 2013. Analisis Ketelitian Pengukuran Baseline Panjang GNSS dengan Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.4 dan Topcon

- Tools V.7. Jurnal Geodesi Undip. Volume 2, Nomor 4, Tahun 2013, (ISSN : 2337-845X). ejournal-s1.undip.ac.id
- Struyk, J.H., Van Der Veen, W.C.H.K., 1984, alih bahasa Soemargono, *Jembatan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Utomo, dkk. 2013. *Monitoring Pergerakan Struktur Jembatan Di Semarang Berbasis Fotogrametri Jarak Dekat Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro*. Jurnal Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro. Volume 2, Nomor 2, Tahun 2013, (ISSN : 2337-845X). ejournal-s1.undip.ac.id
- Wolf, Paul R., dan Ghilani. 1997. *Adjusment Computations*. **Text book**. New